

Промышленное оборудование становится все сложнее, и сегодня контроль за его корректной работой является актуальной и сложной задачей. В данной работе рассматривается задача сравнения фактического функционирования технологических систем с описанным в документации устройством этих же систем. В частности, речь пойдет о гидравлических системах.

Наиболее часто для описания устройства гидравлических систем используются P&ID схемы (piping and instrumentation diagram), которые в исходном виде представляют собой изображения. В рамках работы используется способ представления P&ID диаграмм в виде таблицы, который способен выполнить любой эксперт. Закодированные табличным образом схемы анализируются программой, которая выявляет предполагаемые зависимости между изменениями значений различных датчиков во времени. Например, постепенное закрытие клапана приведет к постепенному снижению потока воды.

Также программа изучает многомерные временные ряды, порожденные в процессе эксплуатации системы измерительными приборами (датчиками), установленными на функционирующем оборудовании, и выявляет зависимости. Сравнение предполагаемых из анализа устройства и фактических, т. е. выявленных из анализа многомерных временных рядов, связей позволяет сделать вывод о том, функционирует ли система должным образом.

Поскольку P&ID не содержит фактические размеры компонентов системы по ней невозможно определить скорость влияния значения одного датчика на другой. При этом анализ многомерных временных рядов позволяет получить эту информацию.

Разработанная в рамках исследования программа была применена для изучения промышленной водоочистой установки [1]. Система состояла из 6 различных секций в общей сложности с 50 измерительными приборами разной природы. Порождаемые ими многомерные многомодальные временные ряды собирались в течение недели с частой фиксацией раз в секунду при штатном функционировании установки. Из 17 зависимостей, выявленных программой по табличному представлению P&ID схемы, анализ временных рядов подтвердил 13.

Работа выполнена при поддержке НОШ МГУ «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект», НИР МГУ 5.1.21, гранта РФФИ 20-01-00664.

## Список литературы

- [1] Goh J., Adepu S., Junejo K. N., and Mathur A., “A Dataset to Support Research in the Design of Secure Water Treatment Systems,” The 11th International Conference on Critical Information Infrastructures Security.